

CA1
EP20
-1999
C41

Government
Publications



Climate Change and Forests

*Context for the Canadian Forest Service's
Science Program*



Natural Resources
Canada
Canadian Forest
Service

Ressources naturelles
Canada
Service canadien
des forêts

Canada



Digitized by the Internet Archive
in 2022 with funding from
University of Toronto

<https://archive.org/details/31761115539496>

Climate Change and Forests

*Context for the Canadian Forest Service's
Science Program*



Science Program Context Paper

Published by

Science Branch

Canadian Forest Service

Natural Resources Canada

Ottawa, 1999

© Her Majesty the Queen in Right of Canada 1999

ISBN 0-662-64102-7

Cat. No. Fo42-289/1999

Copies of this publication may be obtained free of charge from:

Natural Resources Canada

Canadian Forest Service

Ottawa, Ontario K1A 0E4

Phone: (613) 947-7341

A microfiche edition or photocopies of this publication may be purchased from:

Micromedia Ltd.

240 Catherine St., Suite 305

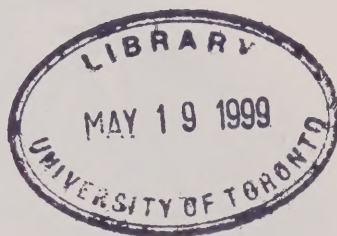
Ottawa, Ontario K2P 2G8

Phone: (613) 237-4250

1-800-567-1914

Editing and Production: Catherine Carmody

Design and Layout: Danielle Monette, Sandra Bernier



Canadian Cataloguing in Publication Data

Canadian Forest Service. Science Branch

Climate change and forests : context for the Canadian Forest Service's science program

(A science program context paper)

Text in English and French on inverted pages.

Title on added t.p.: Les changements climatiques et la forêt.

Includes bibliographical references.

ISBN 0-662-64102-7

Cat. no. Fo42-289/1999

1. Climatic changes—Government policy—Canada.

2. Global warming—Government policy—Canada.

3. Forest policy—Canada.

I. Title.

SD390.7.C55C32 1999 634.9'619 C99-980107-4E

Photograph Credits

Cover, pages 1 and 4: Ice storm, Gatineau Park, Quebec, January 1998;
photo courtesy Ken Farr.

Pages 3 and 7: Aftermath of forest fires in the Yukon, August 1998;
photo courtesy Catherine Carmody.



Printed on
recycled paper



PRINTED IN CANADA



Printed on alkaline
permanent paper



4	Introduction
4	What Is Climate Change?
5	Climate Change, the Evidence to Date
5	<i>Global Warming Trend</i>
5	<i>Climate Variability</i>
5	Uncertainties and Irreversible High-Risk Consequences
6	Why Is Climate Change Information on Forests Needed?
6	Effects of Climate Change on Canada's Forests
7	Forests as Sinks or Sources for Atmospheric Carbon
9	Kyoto Protocol to the UNFCCC
9	<i>Overview</i>
9	<i>National Implementation Strategy</i>
9	<i>The Kyoto Forest</i>
10	Adapting to Climate Change and Tomorrow's Forests
11	Emerging Issues
12	Notes
12	References

Introduction

The link between increasing concentrations of greenhouse gases in the atmosphere and the change in the planet's climate moved from a concern in the scientific community to an international public policy issue only during the last decade. Climate change will remain one of the most challenging issues facing the world well into the second millennium.

Third

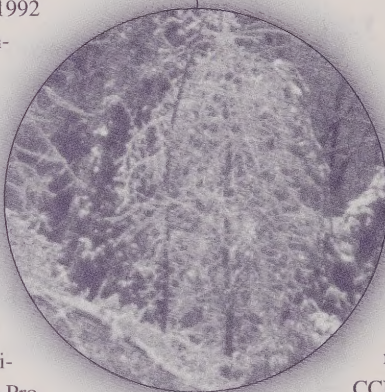
Climate change is expected to have significant favorable and unfavorable economic, social, and environmental impacts. Scientists predict that climate change will occur at a rate that is rapid relative to the speed at which forest species grow, reproduce, and reestablish themselves and will have pronounced effects on Canada's forests.

The 1997 Kyoto Protocol to the 1992 United Nations Framework Convention on Climate Change increased the prominence of the role of forests in climate change and the urgency for related scientific knowledge. The Canadian Forest Service (CFS), Natural Resources Canada, has been active since the mid-1970s in research specifically focused on climate change and forests; this research is grounded in many decades of previous forest research. Before the Kyoto Protocol, CFS's research was focused on projecting climate change impacts on circumpolar boreal and temperate forests. CFS conducted the research itself or in collaboration with international and cross-disciplinary teams. Early recognition of climate change impact and subsequent research efforts have earned CFS scientists international reputations as authorities in this area.

This paper is the second in a series of context papers intended as guides to the current and future directions of the CFS's science program. The present paper defines climate change in the context of forests and describes why the CFS, in cooperation with its wide range of partners, addresses climate change issues through research, monitoring, and assessment activities in its science and technology research networks.

What Is Climate Change?

According to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) climate change "means a change of climate which is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere and which is in addition to natural climate variability observed over comparable time periods" (UN 1992). The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which advises the world's governments on climate change, defines climate change more broadly as "any change in climate due to natural variability or as a result of human activity" (IPCC 1995a, footnote 1). Climate change is one of the three main inter-related components of global environmental change.^{1, 2} The others are atmospheric environmental change³ and land cover change.



The IPCC concluded in 1995 that "...the balance of the evidence suggests a discernable human influence on global climate" (IPCC 1995a, section 4). Human activities, particularly the burning of fossil fuels and, to a lesser extent, changes in land use patterns, are increasing the atmospheric concentrations of greenhouse gases, mainly carbon dioxide, nitrous oxide, and methane (CCEM/CCME 1995, p. 3), which tend to warm the atmosphere, and, in some regions, aerosols, which tend to cool the atmosphere. Scientists predict that these increases in greenhouse gases and aerosols will lead to regional and global changes in climate and climate-related parameters such as temperature, precipitation, soil moisture, and sea level (IPCC 1995b, section 2).

Although average global warming is expected to amount to 1°C to 3.5°C by the end of the next century, that warming will not be uniform around the globe nor within Canada. Regional average temperatures may become either warmer or cooler. High latitudes are expected to warm much more than the global average. Canada's mean annual temperatures may increase between 5°C and 10°C over the next century, more than three times the global average. Because of Canada's size, diverse landscape,

"Climate, of course, is a description of average weather, its variability and its extremes. Thus change in climate implies change in weather...and its extremes! In fact, observations suggest that small changes in weather can cause large changes in extremes."

McBean and Hengeveld (1998)

"weather...the state of the atmosphere with respect to heat or cold, wetness or dryness, calm or storm, clearness or cloudiness..."

Merriam Webster's Collegiate Dictionary,
10th ed., s.v. "weather."

and ocean boundaries, climate change is expected to affect every region differently (Environment Canada 1997a).

Climate Change, the Evidence to Date

Global Warming Trend

A warming trend of the earth's surface of about 0.5°C over the last 150 years has been detected. In particular, the 1980s and 1990s were among the warmest decades on record. The decline in the difference between daily minimums and maximums is further evidence of climate change. Regional changes are being observed. The recent warming has been greatest over the mid-latitude continents in winter and spring; a few areas of cooling have also been detected, such as over the North Atlantic.

The associated warming in Canada has amounted to approximately 1°C nationally, with regional variations ranging from 1.5°C in the western Northwest Territories to less than 1°C over southern Canada; a cooling of 0.8°C has been noted in the extreme eastern Northwest Territories (Environment Canada 1997b). The Atlantic region has also experienced a slight cooling trend over the last 50 years (Environment Canada 1997c).

Climate Variability

Large changes in the global climate system do not happen without serious perturbations of its component systems. The transformation of the components of the global climate system will lead to their prolonged instability, which is expected to result in increased variability

in the climate. The change in concentrations of atmospheric greenhouse gases is altering the global radiation balance, which is changing the global energy balance. The change in the atmospheric energy balance is precipitating increased variability and extremes in weather events (Campbell et al. 1998). It is these unusual events rather than the slight changes in mean temperatures that will present the greatest challenges.

Whether extreme weather is increasing in severity and frequency remains an issue. However, extreme regional climatic events seem to be more frequent than in the previous decades. One manifestation of this trend is the occurrence of severe hurricanes over the Atlantic since 1994. Some areas, including the conterminous United States, are experiencing fewer early autumn frosts but more spring frosts, and receiving an increasing proportion of their precipitation from severe storms. The catastrophic ice storm that in 1998 battered eastern Ontario and Quebec inflicted enormous economic costs and hardship.

Decreased variability in the climate may also be occurring. For instance, the recent warm phase of the El Niño-Southern Oscillation, which has caused droughts and floods in many areas, is considered unusually persistent. Although based on less reliable regional-scale predictions, potentially serious changes have been identified, such as a greater incidence of floods, severe heat waves, and droughts; consequences of such changes may be increased fire risk, susceptibility to pest outbreaks, and alteration of ecosystem composition, structure, functioning, and productivity.

Uncertainties and Irreversible High-Risk Consequences

Although many uncertainties remain that limit the ability of climatologists to predict and detect future climate change, the warming trend and its consequences are expected to continue. The IPCC projects an increase in global mean surface temperature of 1°C to 3.5°C by 2100 and an associated increase in sea level of 15–95 cm.

Policymakers are faced with responding, internationally and regionally, to the risks posed by climate change in the face of significant scientific uncertainties. To better estimate these risks and to aid in the formulation of public policies, scientists will have to increase their knowledge

on the magnitude, rate, and regional distribution of climate change. Scientists will also need to determine the impact of these changes upon Canadians, their environment, economy, and culture and to identify and implement appropriate response strategies, including those for mitigating and adapting to the impacts.

However, this does not mean that nothing can, or should, be done until fuller scientific knowledge becomes available. The UNFCCC states that

...The Parties should take precautionary measures to anticipate, prevent or minimize the causes of climate change and mitigate its adverse effects. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty should not be used as a reason for postponing such measures, taking into account that policies and measures to deal with climate change should be cost-effective so as to ensure global benefits at the lowest possible cost. To achieve this, such policies and measures should take into account different socio-economic contexts, be comprehensive, cover all relevant sources, sinks and reservoirs of greenhouse gases and adaptation, and comprise all economic sectors. Efforts to address climate change may be carried out cooperatively by interested Parties. (UN 1992, Principle 3)

Canada's National Action Program on Climate Change is guided by the precautionary principle

...that where there are threats of serious or irreversible damage to our health and livelihood, lack of scientific certainty should not be used as a reason for postponing mitigative actions that are cost-effective or justified for other reasons. (CCEM/CCME 1995, p. 9)

Why Is Climate Change Information on Forests Needed?

The CFS addresses the forest aspects of climate change by providing provincial and territorial forest agencies, private sector forest managers, other federal departments and agencies, Aboriginal forest organizations, non-governmental organizations, and the interested public with

- compilations and syntheses of forest resource inventories and of socioeconomic and scientific information that identify, describe, and assess the impacts of climate change on forests, forest ecosystems, and the forest sector;

- predictions of responses of forests, forests ecosystems, and its components to expected climate change, and the corresponding socioeconomic impacts of these responses;
- options and advice for adapting to and mitigating expected effects of climate change; and
- scientific support for Canada's participation in climate change agreements and programs.

Climate change poses a significant threat to Canada's forests and forest sector. The successful development, assessment, and adoption of options to deal with climate change and reporting obligations under the UNFCCC's Kyoto Protocol and subsequent agreements require a significant new direction in forest monitoring and research. Canada's forest data systems are not designed to provide the types of information needed to meet the Protocol's reporting obligations.

Effects of Climate Change on Canada's Forests

Evidence shows that forest ecosystems have been responding to climate change and variability over the last 100 years; one example of this is the migration of tree species over short distances in mountain regions. The longer-term implications of climate change in forests could be severe, as suggested in the IPCC's second assessment and special report on impacts and adaptation (IPCC 1995b). The greatest change is expected in the high latitudes and the least in the tropics. Predicting the impact of climate change and subsequent adaptations is made more difficult by a lack of precision in the current information on biological processes and feedbacks in forests (see MacIver 1998a).

Climate change could subject Canadian forests to more frequent, extreme storms and wind damage, especially in coastal areas; to greater stress due to drought; to more frequent and severe fire and insect disturbances; and, in some areas, to increased vegetative growth rates (Flemming and Candau 1998). These changes are also expected to be less predictable than in the past and to vary regionally. The frequency and severity of fire is expected to increase significantly across most of Canada's boreal forest zone west of Lake Superior, although some studies suggest a less severe fire climate in eastern Canada. These changes in the disturbance regimes will likely have a

larger impact on Canadian forests than climate change itself (Weber and Flannigan 1997; Stocks et al. 1998). Where fire activity does increase, along the northwest Ontario–southern Northwest Territories corridor, it may hasten changes in vegetation types.

Climate change is expected to have a large impact on biodiversity. Changes in growing conditions will favor some species over others. Consequently, shifts will occur in the composition of forest communities and the range limits of forest species. Given the warmer and drier climate projected in some areas, new limits for forest species and ecosystems are likely. Some forest species will probably no longer be found in the drier southern parts of the current boreal forest but will be more abundant in northern latitudes and higher altitudes. The boreal forest will not just shift northward and up hillsides; current forest ecosystems in some parts of the country will be under stress and the composition and structure of those ecosystems will change.

What the forest will look like after of 50 or more years of climate change is uncertain. Entirely new assemblages of species are expected. Lengthened growing seasons in the northern latitudes and at higher altitudes, altered competitive balance among species, greater vulnerability of some forest species to insect infestations and disease, and increased frequency and intensity of forest fires are predicted. As a result, the boreal forest in the dry southern parts of its range will likely be replaced by grassland and temperate deciduous forest types. Large areas of degraded forest will develop in these areas. Conditions will possibly favor montane forest types in the west and temperate and deciduous forest types in eastern part of the boreal forest region. The forests of the Pacific northwest will likely remain similar to their present structure and composition, with richness in species diversity compensating for individual species migration (Environment Canada 1997b, p. 36–38).

As well as contributing to global warming, elevated carbon dioxide is expected to enhance vegetative growth. Carbon dioxide concentrations have increased from 280 parts per million (ppm) to 370 ppm over past 150 years. Forests

in some localities may benefit from this effect even where soil moisture is a limiting factor. Elevated carbon dioxide is less likely to benefit tree growth in much of the boreal forest area, which is characterized by thin soils that are nutrient deficient and poorly drained. However, the forests of the maritime region do not have these limitations and may benefit significantly from elevated carbon dioxide. Another factor is whether the combination of warming and carbon dioxide fertilization favors commercial timber species more than weed, insect, and disease organisms (MacIver 1998a).

Forests as Sinks or Sources for Atmospheric Carbon

The Kyoto Protocol has sharpened the focus of the possible role of forests in contributing to or mitigating climate change. Forested ecosystems, including both above and below soil surface biomass, are large storehouses of carbon. Growing forests extract carbon dioxide from the atmosphere and should help in mitigating climate change.

Canada's forests total about 420 million ha, or 10% of the earth's forest area; its peatlands, tundra, and other forest-related land cover represent nearly an equal area. The total store of carbon in Canadian forests and related resources, including soils, peatlands, and forest products, in the 1990s is over 225 billion tonnes (t)⁴ (Gorman 1991). Soils contain approximately two-thirds of terrestrial carbon and as much as two to three times as much carbon as atmospheric carbon dioxide (Trumbore et al. 1996).

The boreal forests of Canada and Russia contain about 40% of the planet's terrestrial carbon stocks (Kasischke et al. 1995). However, recent research in both countries indicates that changes in disturbance regimes, including fires, insects, and diseases, may have caused these boreal forests to become a net source of atmospheric carbon. These forests are unique in that, in contrast with northern European forests, they are largely subject to completely natural disturbance regimes (Binkley et al. 1998).



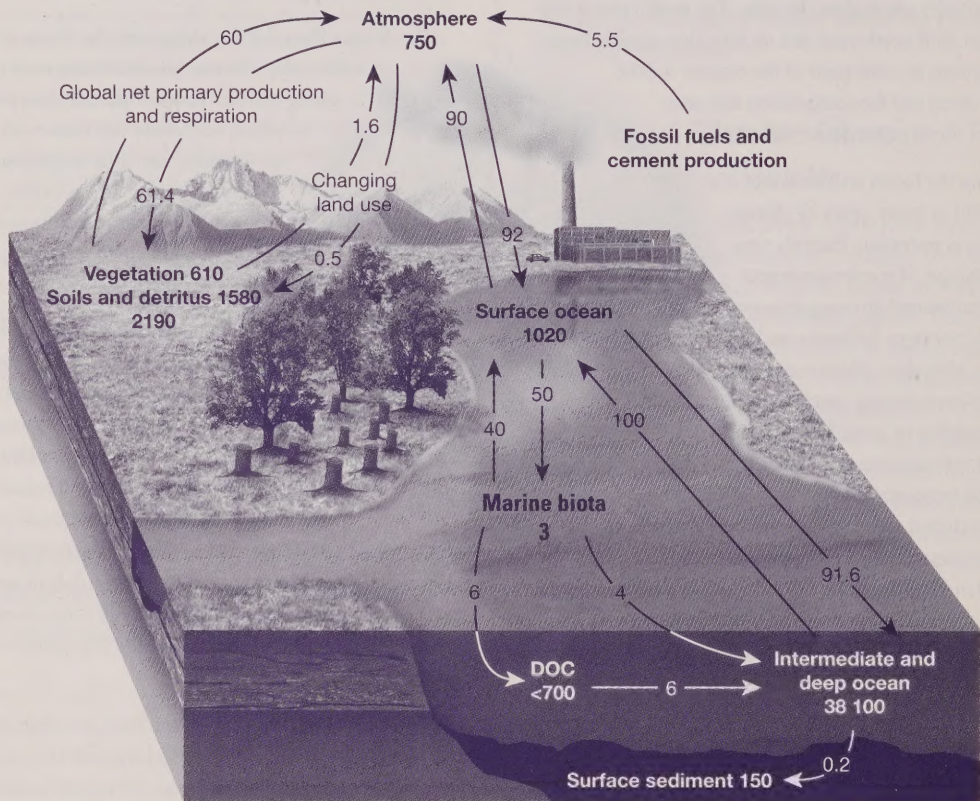
Therefore, the largest portion of Canada's forest, while an important carbon reservoir, can be a carbon source when affected by fires, insect outbreaks, and decay. For the most part, however, these forest areas are not addressed by the Kyoto Protocol.

The CFS's Carbon Budget Model, used to calculate the contribution of Canada's forests to the carbon balance, indicates that the annual sink, or uptake, of carbon in Canada's forests and related resources during 1920 to

1990 averaged about 118 million t (Kurtz and Apps 1995). However, the size of the sink, or rate of carbon uptake, declined after the mid-1970s and the results of the latest model suggest that during the second half of the 1980s Canadian forests gradually became a carbon source, averaging 45 million t net release of carbon per annum.

The overall health of the forest is also a factor in climate change. A vigorous and growing forest acts as a sink, or a fixer of carbon, until its growth slows as it matures.

The Global Carbon Cycle



Carbon is exchanged between the atmosphere, the oceans, the terrestrial biosphere, and on geological time scales, with sediments and sedimentary rocks. Fossil fuel burning, cement manufacture, and changes in land use transfer carbon (as carbon dioxide) to the atmosphere.

In the figure, the size of each reservoir (numbers in bold) is in billions of tonnes of carbon. The magnitude of the flux (numbers within arrows) is in billions of tonnes of carbon per year. DOC = dissolved organic carbon.

Adapted from *Radiative Forcing of Climate Change* (IPCC 1994, p.12 and 13).

Source

Any process or activity (e.g., forest fires or conversion of forest land to agricultural or urban uses) that releases greenhouse gases or precursors of those gases into the atmosphere. Even after trees are harvested and processed, carbon continues to be stored in the resulting forest products. However, as trees and forest products decompose or burn, they release carbon in the form of CO₂.

Sink

Any process, activity or mechanism that removes greenhouse gases or precursors of those gases from the atmosphere. The principal natural mechanism is photosynthesis, a process by which CO₂ is absorbed by plants, with subsequent storage of the carbon in plant tissue and emission of the oxygen.

Reservoir

Component of the climate system in which greenhouse gases or precursors of those gases are stored (e.g., soils, peat, forests, other vegetation, streams, oceans and lakes).

Adapted from the Kyoto Protocol and the UNFCCC (UN 1992, 1997)

Mature forests store carbon until they deteriorate and give up carbon to become sources of atmospheric carbon dioxide as they decay. However, the vigor of forest carbon sinks can be maintained.⁵

Kyoto Protocol to the UNFCCC

Overview

The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) was signed in Rio de Janeiro, Brazil, in 1992 and established a goal to stabilize greenhouse gas emissions at 1990 levels by the year 2000; it came into force on 21 March 1994. In December 1997, Canada and about 160 other nations negotiated the legally

binding Kyoto Protocol, which requires further country-specific reductions of greenhouse gas emissions over the next 15 years for developed countries. The Kyoto Protocol is expected to enter into force by about the year 2001, when the required 55 countries with 55% of the world's greenhouse gas emissions will have ratified the Protocol. Canada agreed to a greenhouse gas reduction target of 6% below 1990 levels by the time period 2008–2012, a reduction of about between 20% and 25% below the “business as usual” projected emissions levels for 2010.

National Implementation Strategy

To address Canada's Kyoto-related obligations, the federal government, in consultation with provincial and territorial governments and others, are developing a National Implementation Strategy on Climate Change. The strategy will set out a program for enabling Canada to meet the greenhouse gas emission reduction targets established in the Kyoto Protocol. Canada's program will build on and expand the existing National Action Program on Climate Change (NAPCC) framework and objectives established by the federal and provincial/territorial governments in 1995. To coordinate Canada's efforts, both a federal government secretariat and a federal-provincial secretariat have been established, along with 16 “issues tables,” including one on the forest sector and another on carbon sinks.

The Kyoto Forest

The UNFCCC commitments address anthropogenic contributions to atmospheric concentrations of greenhouse gases, focusing largely on reducing emissions to the atmosphere from energy production and consumption, industrial processes, and other activities. However, the Convention also contains a commitment to conserve and enhance greenhouse gas sinks and reservoirs.

In attempting to bring land-use change and forestry into the Protocol, negotiators had to address the difficult issue of defining anthropogenic removals and emissions from forests, while creating incentives for countries to conserve and enhance their sinks and reservoirs. The Protocol specifies that reforestation, afforestation, and deforestation activities since 1990 are the only direct human-induced land use change and forestry activities to be used in the accounting for the emission reduction com-

mitment The Protocol further specifies that the impact of these three activities must be measured as the verifiable change in carbon stock between 2008 and 2012. This measurement, if it indicates an increase in stored carbon, may help to meet the emission reduction commitment in 2008–2012 by offsetting some fraction of the gross emissions in that period. In addition to the 2008–2012 commitment, the Protocol also requires that countries show by 2005 that they have made demonstrable progress. The CFS, in cooperation with the provinces and territories, is developing a new National Forest Information System, including a new national forest inventory and a national system of forest ecosystem classification, to better enable it to fulfil its Kyoto Protocol reporting obligations.

The “Kyoto forest” activities are a small subset of the total terrestrial carbon budget.⁶ The current focus of the Kyoto Protocol is not the whole forest, or even some major component of it like the “managed” forest. Instead, the Protocol focuses only on two activities that take place within the forest, reforestation and deforestation, and an activity that takes place outside the existing forest area, afforestation. The forest carbon stocks and carbon stock changes on land outside the areas affected by these activities have no bearing on Canada’s efforts to meet its Protocol commitment.

The Protocol allows for discussions on what additional direct human-induced activities related to changes

in greenhouse gas emissions and removals should be added to the current list of reforestation, afforestation, and deforestation activities to meet emission reduction targets. Significant uncertainty remains about the meaning and application of the land use cover and forestry provisions of the Kyoto Protocol (see for example, Schlamdinger and Madlener 1998). Scientific information for these discussions is needed on the following:

- carbon cycle life of forest products, including biomass fuels;
- feasibility and cost effectiveness of alternative forest management options to enhance carbon sinks; and
- impact on carbon sinks under the Protocol of alternative definitions, interpretations, and assumptions (for example, including/excluding below-ground biomass, soil, litter, etc., alternative definitions of managed forest).

Adapting to Climate Change and Tomorrow’s Forests

It is widely recognized that even with the reductions in greenhouse gases agreed to in Kyoto, there will be changes in the climate to which Canadians will have to adapt. Adaptive management is a process of hypothesis testing, often on a large scale. Strategies are continually

Objective of the UNFCCC

“...stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system. Such a level should be achieved within a time-frame sufficient to allow ecosystems to adapt naturally to climate change, to ensure that food production is not threatened and to enable economic development to proceed in a sustainable manner.”

UNFCCC, Article 2 (UN 1992)

Key commitments and obligations to the UNFCCC

Stabilization of greenhouse gas emissions at 1990 levels by the year 2000.



Reporting on greenhouse gas emissions, and measures and actions to reduce them.



Enhancing and sustaining sinks and reservoirs of greenhouse gases.



Improving our understanding of the causes and implications of climate change.

UNFCCC, Article 4 (UN 1992)

evaluated and adjusted relative to predicted responses, objectives, and predetermined thresholds of acceptable change. Predictability and uncertainty are major problems in adapting to climate change in the forestry sector. The sensitivity of forests to climate change must first be determined and then the degree of change that would have a serious impact identified (MacIver 1998a). Based on this knowledge, strategies need to be developed to minimize or to mitigate the effects of climate change on newly established forests and to cope with these effects on current forests.

For the most part, the projected impacts associated with forest fire, disease, insects, and regeneration and growth will exacerbate ongoing forest management problems. Many of the forest management activities required to address climate change are already part of current programs. Climate change alters the location, timing, and intensity of these problems. Therefore, many adaptive measures already exist to deal with climate effects such as breeding and genetic programs and protection systems for fire, insects, and diseases. However, climate change is likely to impose some additional stresses that some forest managers may not currently take into consideration. The increasing pressure to manage forests for carbon sequestration may potentially conflict with other objectives of sustainable forest management (MacIver 1998b). There will also be many surprises, as much remains unknown.

In the short term, the potential exists for increased timber harvests in Canada; in the long term, sustainable timber yields may decrease because of losses from forest decline, modified fire and insect regimes, and, in some areas, drought. The overall impact on the Canadian forest industry will vary regionally. The forestry sector will need to adapt to the species that prevail as a consequence of climate change, to salvage-cut dying stands, to plant cut areas with species better adapted to the altered, and more rapidly changing, climate, and to move to locations where resources are more plentiful. The industry has a history of adapting its products manufacturing, timber harvesting, and forest management to reflect available timber species and wood quality and changing environmental and other conditions (Environment Canada 1997b, p. 19–20). However, there are major gaps that could limit the potential of the forest sector to adapt to climate change.⁷

Emerging Issues

Climate change issues will be addressed for decades, and perhaps centuries, to come. Although meeting the Kyoto Protocol obligations will have a marked impact on all sectors of Canada's economy and the lives of all Canadians, the next round of negotiations are expected to address further emission reductions and to include emission reduction or limitation commitments from the developing countries. These negotiations will require enhanced scientific and social information on options and their implications.

Issues that will likely affect the forest sector include:

- the socioeconomic consequences stemming from climate change;
- the effects of mitigative and adaptive measures on medium and long-term wood supplies, for example, forest management for carbon uptake and increased loss of timber stocks to fire and insect (including introduced species) infestations;
- the long-term impact of climate change on disturbance regimes and hence on carbon reservoirs, sources, and sinks;
- the need for advanced scientific knowledge about the forests and the carbon cycle for negotiations over the meaning and application of the land use change and forestry provisions of the Kyoto Protocol and subsequent agreements;
- the effect of current forest management strategies and practices, including harvesting and silvicultural systems and forest protection policies, on the role of forests in climate change, that is, albedo of forest surfaces, disturbance regimes, and forest biodiversity, resilience, and productivity;
- market demands, stimulated by the Kyoto Protocol and subsequent agreements, for low energy products, which may favor forest products produced from sustainable wood fiber sources;
- the increased potential for and value of forests as sources of biomass fuels;
- the potential for change in the value and use of forests as carbon sinks, in terms of tradable carbon credits that could be applied by countries to meet targets under the Kyoto Protocol and subsequent agreements; and

- an integrated approach to addressing the three elements of the global environmental change issue: atmospheric environmental change, land cover change, and climate change.

Notes

1. Tom Shillington in *Understanding Our Planet: An Overview of Global Change Research in Canada* defines global environmental change as "...the consequences of natural processes and human activities that affect the global environment directly and cumulatively." Some agents of global change, such as urbanization, deforestation, and loss of wetlands, can occur within weeks or months. Others, such as those contributing to changes in climate, are measurable only over a span of decades or centuries. (See Shillington 1996, p.6.)
2. For examples of how air issues and climate change are interrelated and need an integrated approach, see Mayer and Avis (1998).
3. Atmospheric change in the broadest sense encompasses the gaseous and particulate composition of the atmosphere. Increasing concentrations of greenhouse gases, especially carbon dioxide (CO₂), in the atmosphere is the main atmospheric change issue associated with climate change. Several international conventions and associated protocols deal with atmospheric change issues.
4. "Billion" is a thousand million.
5. Whether Canada's forests are net sinks or sources of carbon depends on the time scale. Measured in eons, the tendency is towards net carbon sequestration. Over a 100 000 years, there is a balance between carbon release and sequestration; and, over 1000 years, the direction of the balance varies with the 1000-year segment chosen.
6. Members of the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) Terrestrial Carbon Working Group advocate that the Protocol should adopt a full carbon budget over a long time period to take better advantage of the potential of the terrestrial systems to take up and store atmospheric carbon. See IGBP (1998).

7. The IPCC Workshop on Adaptation to Climate Variability and Change identified major gaps that could limit the potential of the forest sector to adapt to climate change (MacIver 1998b).

References

- Binkley, C.S.; Apps, M.J. Dixon, R.K.; Kauppi, P.; Nilsson, L.-O. 1998. Sequestering carbon in natural forests. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 27: S23–45.
- Campbell, I.D.; Campbell, C.; Apps, M.J. 1998. Late Holocene ~1500 yr climate periodicities and their implications. *Geology* 26(5): 471–473.
- (CCEM/CCEM) Canadian Council of Energy Ministers/Canadian Council of Ministers of Environment. 1995. Canada's National Action Program on Climate Change. 42 p.
- Environment Canada. 1997a. The Canada Country Study: climate impacts and adaptation. Highlights for Canadians. Ottawa. 14 p.
- Environment Canada. 1997b. The Canada Country Study: climate impacts and adaptation. National summary for policy makers. Ottawa. 24 p.
- Environment Canada. 1997c. [Online]. The Canada Country Study: climate impacts and adaptation. Responding to global climate change in the Atlantic region. Ottawa. <http://www.ec.gc.ca/climate/ccs/atl_summ.htm>
- Fleming, R.A.; Candau, J.-N. 1998. Influences of climatic change on some ecological processes of an insect outbreak system in Canada's boreal forests and the implications for biodiversity. *Environ. Monit. Assess.* 49: 235–247.
- Gorham, E. 1991. Northern peatlands role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecol. Appl.* 1(2): 21–23.
- (IGBP) International Geosphere-Biosphere Programme. Terrestrial Carbon Working Group. 1998. The terrestrial carbon cycle: implications for the Kyoto Protocol. *Science* 280(29 May): 1393–1394.
- (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. 1994. Radiative forcing of climate change. The 1994 report of the Scientific Assessment Working Group

- of IPCC. Summary for policymakers. World Meteorological Organization/United Nations Environment Programme.
- (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. 1995a. [Online]. Summary for policymakers: the science of climate change. IPCC Working Group I. IPCC/World Meteorological Organization/United Nations Environment Programme. <<http://www.ipcc.ch/cc95/wg1.htm>>
- (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. 1995b. [Online] Summary for policymakers: scientific-technical analyses of impacts, adaptations and mitigation of climate change. IPCC Working Group II. IPCC/World Meteorological Organization/United Nations Environment Programme. <<http://www.ipcc.ch/cc95/wg2.htm>>
- Kasischke, E.S.; Christensen, N.L.; Stocks, B.J. 1995. Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests. *Ecol. Appl.* 5(2): 437–451.
- Kurz, W.A.; Apps, M.J. 1995. An analysis of future carbon budgets of Canadian boreal forests. *Water Air Soil Pollut.* 82: 321–332.
- Mayer, N.; Avis, W.; editors. 1998. The Canada country study: climate impacts and adaptation. Vol. 8, National cross-cutting issues. Environment Canada, Ottawa. 242 p.
- McBean, G.A.; Hengeveld, H.G. 1998. The science of climate change. Institute for Research on Public Policy 19(4): 3–6.
- MacIver, D.C. Editor. 1998a. Adaptive management in the forestry sector. Chapter 2.3, pages 36–38, in Workshop summary: IPCC Workshop on Adaptation to Climate Variability and Change, 29 Mar.–1 Apr. 1998, San Jose, Costa Rica. World Meteorological Organization/United Nations Environment Programme.
- MacIver, D.C. Editor. 1998b. Biodiversity. Chapter 2.1, pages 30–31 in Workshop summary: IPCC Workshop on Adaptation to Climate Variability and Change, 29 Mar.–1 Apr. 1998, San Jose, Costa Rica. World Meteorological Organization/United Nations Environment Programme.
- Schlamadinger, B.; Madlener R. Editors. 1998. Proc. of the Workshop on the Effects of the Kyoto Protocol on Forestry and Bioenergy Projects for Mitigation of Net Carbon Emissions, 9 and 13 Mar. 1998, Rotorua, New Zealand. Task XV/25: Greenhouse Gas Balances of Bioenergy Systems. International Energy Agency Bioenergy.
- Shillington, T. 1996. Understanding our changing planet: an overview of global change research in Canada. The Royal Society of Canada, Ottawa. 49 p.
- Stocks, B.J.; Fosberg, M.A.; Lyunham, T.J.; Mearns, L.; Wotton, B.M.; Yang, Q.; Jin, J.-Z.; Lawrence, K.; Hartely, G.R.; Mason, J.A.; McKenney, D.W. 1998. Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests. *Climate Change* 38: 1–13.
- Trumbore, S.E.; Chadwick, O.A.; Amundson, R. 1996. Rapid exchange between soil carbon and atmospheric carbon dioxide driven by temperature change. *Science* 272(19 April): 393–396
- Weber, M.G.; Flannigan, M.D. 1997. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate: impact on fire regimes. *Environ. Rev.* 5(3 and 4): 145–166.
- (UN) United Nations. [Online]. 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change. <<http://www.unfccc.de>>
- (UN) United Nations. [Online]. 1997. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/CP/1997/7/Add.1. <<http://www.unfccc.de>>

- Stocks, B.J.; Fosberg, M.A.; Lyunham, T.J.; Mearns, L.; Wotton, B.M.; Yang, Q.; Jin, J.-Z.; Lawrence, K.; Harely, G.R.; Mason, J.A.; McKenney, D.W. 1998. Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests. *Climate Change* 38: 1–13.
- Trumbore, S.E.; Chadwick, O.A.; Amundson, R. 1996. Rapid exchange between soil carbon and atmospheric carbon dioxide driven by temperature change. *Science* 272(19 April): 393–396
- Weber, M.G.; Flannigan, M.D. 1997. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate: impact on fire regimes. *Environ. Rev.* 5(3 and 4): 145–166.
- (ONU) Nations Unies. 1992. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (avec annexes). Recueil des traités 1994/7. Ministère des approvisionnements et Services Canada, Ottawa. 63 p.
- (ONU) Nations Unies. 1997. Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques FCCC/CP/1997/7/Add.1.<<http://www.unfccc.de>>

Il faudra faire face aux changements climatiques durant les décennies, voire les siècles à venir. Le respect des obligations du Protocole de Kyoto aura un impact profond sur tous les secteurs de l'économie et toutes les couches de la société canadienne. En outre, la prochaine série de négociations devrait aborder des réductions additionnelles, et inclure des engagements de la part des pays en développement concernant la réduction et la limitation des émissions. Les négociations exigeront une meilleure information scientifique et sociale concernant les options et leurs conséquences.

Dans ce contexte, voici quelques points qui affecteront probablement le secteur forestier :

- les conséquences socio-économiques des changements climatiques;
- les effets des mesures d'atténuation et d'adaptation sur les approvisionnements de bois à moyen et long terme, par exemple l'aménagement forestier en fonction de l'absorption du carbone, sans compter l'augmentation des pertes de bois dues aux incendies et aux insectes (y compris les espèces exotiques);
- l'impact à long terme des changements climatiques sur les régimes de perturbation et, partant, sur les réservoirs, sources et puits de carbone;
- le besoin de disposer de connaissances scientifiques avancées sur les forêts et le cycle du carbone, en vertu des négociations concernant la signification et l'application des dispositions du Protocole de Kyoto et de ses ententes ultérieures concernant les changements d'affectation des terres et les activités forestières;
- les effets des stratégies et pratiques actuelles d'aménagement forestier, y compris les systèmes d'exploitation, les régimes sylvicoles et les politiques de protection des forêts, sur le rôle des forêts dans les changements climatiques (albedo de la surface des forêts, régimes de perturbation, biodiversité, résilience et productivité des forêts);
- la demande sur le marché, stimulée par le Protocole et ses ententes ultérieures, de produits économiques en énergie, ce qui peut favoriser les produits ligneux provenant de sources exploitées de façon durable;
- la valeur et le potentiel accrus des forêts comme sources de biocomposables;
- le potentiel de changement de la valeur et de l'utilisation des forêts comme puits du carbone en termes des crédits

Notes

échangeables que les pays peuvent appliquer pour atteindre leurs objectifs relatifs au Protocole de Kyoto et à ses ententes ultérieures;

- l'utilisation d'une approche intégrée face aux trois éléments des changements environnementaux planétaires, soit les changements atmosphériques, les changements de la couverture terrestre et les changements climatiques.

I. Tom Shillington, dans *Comprendre l'évolution de la planète : Tour d'horizon de la recherche canadienne sur les transformations planétaires* définit les changements environnementaux planétaires comme étant les conséquences des processus naturels et des activités humaines qui affectent l'environnement mondial de façon directe et cumulative. Certains agents de changement planétaires, par exemple l'urbanisation, le déboisement et la perte de terres humides, peuvent produire en quelques semaines ou quelques mois. Ceux qui contribuent aux changements climatiques, par contre, se mesurent au fil des décennies, voire des siècles (Shillington, 1996).

2. Mayer et Avis (1998) donnent des exemples de liens qui unissent les questions atmosphériques et les changements climatiques et démontrent le besoin d'y appliquer une approche intégrée.

3. Dans leur sens le plus large, les changements atmosphériques englobent la composition gazeuse et particulière de l'atmosphère et, sur ce plan, c'est l'augmentation de l'atmosphère de la teneur en gaz à effet de serre, surtout le dioxyde de carbone (CO₂), qui constitue le principal objet de préoccupation. Plusieurs conventions internationales et leurs protocoles connexes traitent de la question des changements atmosphériques.

4. Que les forêts au Canada soient des puits ou des sources de carbone dépend de l'échelle temporelle utilisée. À celle des éons, la forêt a tendance à effectuer une séquestration nette du carbone. Sur 100 000 ans, par contre, il y a équilibre entre le rejet et la rétention du carbone, tandis que sur une période de 1 000 ans, l'équilibre varie selon le segment choisi.

5. Des membres du Groupe de travail sur le carbone terrestre du Programme international concernant la géosphère et la biosphère préconisent qu'on ait recours, pour le Protocole, à un bilan complet du carbone sur une longue période de temps, afin de mieux profiter

Dans le Protocole, l'activité « forestière » représente une faible partie du bilan total du carbone terrestre.² Le Protocole n'insiste pas sur la forêt dans son ensemble ni même sur ses principales composantes, comme la forêt « aménagée ». Il met plutôt l'accent sur deux activités qui s'y déroulent, le reboisement et le déboisement, et sur une autre activité qui s'effectue en marge des forêts existantes, le boisement. Les stocks de carbone forestier et les changements dans les stocks, à l'extérieur des zones affectées par les activités, n'ont aucune incidence sur les efforts déployés par le Canada pour respecter ses engagements en vertu du Protocole.

Le Protocole permet de discuter des activités anthropiques liées à la modification de l'émission et de l'absorption des gaz à effet de serre qu'on pourrait éventuellement ajouter à la liste actuelle de mesures (boisement, reboisement, déboisement) en vue d'atteindre les objectifs de réduction des émissions. La signification et l'application des dispositions du Protocole concernant les forêts et l'affectation des terres soulèvent encore de nombreuses incertitudes (Schlamadinger et Madlener, 1998). À ce sujet, les points suivants exigent un éclairage scientifique :

- le cycle du carbone dans les produits forestiers, y compris les biocombustibles;
- la faisabilité et la rentabilité des nouvelles options d'aménagement forestier permettant d'accroître les puits de carbone;
- l'impact sur les puits de carbone, tels que définis par le Protocole, de choix différents sur le plan des définitions, interprétations et hypothèses (inclusion/exclusion de la biomasse souterraine, des sols, de la litière, etc.; nouvelle définition des forêts aménagées).

Adaptation aux changements climatiques et aux forêts de demain

Même si les émissions de gaz à effet de serre sont réduites, comme convenu dans le Protocole de Kyoto, on reconnaît largement que le climat continuera néanmoins à subir des changements auxquels les Canadiens devront s'habituer. La gestion adaptative est un processus de vérification d'hypothèses, souvent à grande échelle. Les stratégies sont continuellement évaluées et modifiées en fonction des réponses prévues, des objectifs et des seuils prédéterminés de changements acceptables. La prévisibilité et l'incertitude sont les principales pierres d'achoppement de l'adaptation du secteur forestier aux

changements climatiques. Il faut d'abord déterminer la sensibilité des forêts aux changements climatiques, puis l'ampleur des changements susceptibles de produire un impact profond (MacIver, 1998a). En fonction de ces données, il faut élaborer des stratégies pour minimiser ou atténuer les effets des changements climatiques sur les nouvelles forêts et pour s'y adapter, dans les forêts existantes.

En général, l'impact des changements climatiques ne feront qu'exacerber les problèmes actuels d'aménagement forestier, qu'il s'agisse des incendies, des maladies et des insectes ou encore de la régénération et de la croissance. On réalise déjà couramment de nombreuses activités d'aménagement pour faire face à cette nouvelle réalité. Les changements climatiques modifient l'emplacement, l'ordonnancement et l'intensité des problèmes. Il existe déjà beaucoup de mesures d'adaptation, par exemple des programmes de sélection et d'amélioration génétiques ainsi que des systèmes de protection contre les incendies, les insectes et les maladies. Toutefois, les changements climatiques imposeront vraisemblablement des contraintes additionnelles dont certains aménagistes ne tiennent pas compte actuellement. Les pressions croissantes en vue de gérer les forêts en fonction de l'absorption du carbone pourraient s'opposer à d'autres objectifs d'aménagement durable des forêts (MacIver, 1998b). Et nous ne sommes pas au bout de nos peines, puisqu'il s'agit d'un domaine peu connu.

À court terme, il se peut que la récolte de bois augmente, mais, à plus longue échéance, elle pourrait diminuer en raison de la détérioration des forêts, du nouveau cycle des incendies et des infestations d'insectes et, dans certaines régions, de la sécheresse. L'impact global sur l'industrie forestière canadienne variera selon la région. Le secteur devra s'adapter aux essences mises en place à la suite des changements, abattre les peuplements mourants pour les récupérer, reboiser les parcelles de coupe à l'aide d'essences mieux adaptées au climat modifié et, en évolution rapide, se déplacer vers les endroits où la ressource est plus abondante. L'industrie, par le passé, a toujours adapté ses produits, ses techniques et ses activités d'aménagement aux essences disponibles, à la qualité du bois et aux conditions changeantes, environnementales ou autres (Environnement Canada, 1997b, p. 19-20). Toutefois, certaines lacunes majeures pourraient limiter sa capacité de s'adapter aux changements climatiques.⁶

des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Le Canada a convenu de réduire ses émissions de 6 % par rapport aux niveaux de 1990 d'ici 2008-2012, réduction qui nous amènerait à des émissions de 20 à 25 % inférieures aux niveaux prévus pour 2010 en l'absence de toute mesure.

Stratégie nationale de mise en œuvre

Pour s'acquitter des obligations du Canada en vertu du Protocole de Kyoto, le gouvernement fédéral, de concert avec les provinces, les territoires et d'autres intervenants, élabore une stratégie nationale de mise en œuvre concernant les changements climatiques. La stratégie établira le programme qui permettra au Canada d'atteindre ses objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre établis dans le Protocole. Le programme viendra s'ajouter au cadre et aux objectifs de l'actuel Programme d'action national concernant les changements climatiques que le fédéral, les provinces et les territoires ont adoptés en 1995. Pour coordonner les efforts du Canada, un secrétariat fédéral et un secrétariat fédéral-provincial ont été créés, ainsi que 16 « tables sectorielles », dont une sur le secteur forestier et une autre sur les puits de carbone.

Les forêts dans le Protocole de Kyoto

Dans la CCCC, les Parties s'engagent face à l'apport anthropique dans les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre en insistant surtout sur la réduction des émissions causées par la production et la consommation d'énergie, elles s'engagent également à conserver et à améliorer les puits et réservoirs de ces gaz.

Objectifs de la CCCC

«... de stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable ».

CCCC de l'ONU, article 2 (ONU, 1992)

Obligations et engagements clés de la CCCC

Stabiliser les émissions de gaz à effet de serre aux niveaux de 1990 d'ici l'an 2000

Faire rapport sur les émissions de gaz à effet de serre et sur les mesures prises pour les réduire

Accroître et maintenir les puits et réservoirs de gaz à effet de serre

Mieux connaître les causes et les conséquences des changements climatiques

CCCC de l'ONU, article 4 (ONU, 1992)

En tenant d'inclure les changements d'affectation des terres et les questions forestières dans le Protocole, les négociateurs se sont heurtés à l'enjeu majeur qui consiste à définir la part des suppressions et des émissions forestières qui revient à l'homme, tout en incitant les divers pays à conserver et à accroître leurs puits et réservoirs. Le Protocole précise que les travaux de reboisement, de boisement et de déboisement entrepris depuis 1990 sont les seules activités anthropiques directes liées au changement d'affectation des terres et aux activités forestières qu'on peut utiliser pour calculer le respect des engagements en matière de réduction des émissions. Le Protocole ajoute que l'impact de ces trois types de travaux doit pouvoir être mesuré en terme de changement vérifiable des stocks de carbone entre 2008 et 2012. Les mesures, si elles indiquent une augmentation du carbone entreposé, peuvent aider à respecter les engagements de réduction des émissions pour la période, en remplacement d'une fraction des émissions brutes. De plus, le Protocole exige qu'en 2005 ses Parties démontrent avoir largement progressé. Le SCF, de concert avec les provinces et les territoires, est en train d'élaborer un nouveau Système national d'information sur les forêts, qui comprend un nouvel inventaire des forêts et un système de classification des écosystèmes forestiers applicables à l'ensemble du pays, de façon à mieux respecter les engagements prévus par le Protocole de Kyoto en matière de notification.

de la transformation des forêts boréales en une source nette d'émissions de carbone atmosphérique. Les forêts boréales sont uniques en ce sens que, contrairement aux forêts du nord de l'Europe, elles sont fortement assujetties à des régimes de perturbation entièrement naturels (Binkley et collab., 1998). C'est pourquoi une grande partie de la forêt canadienne, tout en étant un réservoir majeur de carbone, peut devenir une source de cette substance sous l'effet des incendies, des infestations d'insectes et autres agents de décomposition. Toutefois, la plupart de ces forêts ne sont pas touchées par le Protocole de Kyoto.

Selon le modèle utilisé par le SCF pour calculer l'apport des forêts canadiennes au bilan du carbone, la quantité annuelle de carbone absorbée par les forêts et leurs ressources connexes, entre 1920 et 1990, a atteint en moyenne 1 18 millions de tonnes (Kurtz et Apps, 1995). Toutefois, la taille du puits ou le rythme d'absorption du carbone a diminué après le milieu des années 70. Selon les derniers résultats de modélisation, les forêts canadiennes sont graduellement devenues une source de carbone durant la seconde moitié des années 80, avec des rejets nets moyens de 45 millions de tonnes par année.

La santé globale de la forêt entre également en ligne de compte. Une forêt vigoureuse en pleine croissance agit comme un puits, c'est-à-dire qu'elle fixe le carbone, et ce jusqu'à ce que sa croissance ralentisse et que ses pleinement deviennent mûrs. Une forêt à maturité séquestre le carbone jusqu'à ce qu'elle commence à se déteriorer et à libérer cette substance. Elle devient alors une source de dioxyde de carbone pour l'atmosphère. Cependant, la vigueur des puits de carbone forestier peut être maintenue.⁴

Protocole de Kyoto à la CCCC

Aperçu

La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCCC) a été signée à Rio de Janeiro, au Brésil, en 1992. Son objectif était de stabiliser les émissions de gaz à effet de serre aux niveaux de 1990 d'ici l'an 2000. La Convention est entrée en vigueur le 21 mars 1994. En décembre 1997, le Canada et quelque 160 autres pays ont négocié un instrument juridiquement exécutoire, le Protocole de Kyoto, qui exige des pays développés qu'ils réduisent davantage leurs émissions de gaz à effet de serre au cours des 15 prochaines années. Le Protocole devrait entrer en vigueur vers 2001, quand il aura été ratifié par les 55 pays qu'il exige, responsables de 55 %

Source :
Tout processus ou activité (par exemple : incendies de forêt ou conversion de forêts en terres agricoles ou urbaines) qui libère dans l'atmosphère des gaz à effet de serre ou leurs précurseurs. Même après l'abattage et la transformation des arbres, le carbone demeure entreposé dans les produits forestiers qui en résultent. Cependant, quand les arbres ou produits forestiers se décomposent ou brûlent, ils libèrent leur carbone sous forme de CO₂.

Puits :

Tout processus, toute activité ou tout mécanisme qui élimine de l'atmosphère des gaz à effet de serre ou leurs précurseurs. Le principal mécanisme naturel en est la photosynthèse. C'est le processus par lequel les plantes absorbent le CO₂, entreposant ainsi le carbone dans leurs tissus et rejetant de l'oxygène.

Réservoir :

Constituant du système climatique qui retient les gaz à effet de serre ou leurs précurseurs (sols, tourbières, forêts, autres végétaux, rivières, océans et lacs).

D'après le Protocole de Kyoto et la CCCC de l'ONU (ONU, 1992, 1997)

Le Canada possède une superficie forestière d'environ 420 millions d'hectares, soit 10 % des forêts du globe. La superficie de ses tourbières, tourndras et couverts sem- blables est presque aussi grande. La quantité totale de carbone emmagasinée dans les forêts canadiennes et leurs éléments connexes, y compris les sols, les tourbières et les produits forestiers, était de 225 milliards de tonnes dans les années 90 (Gorman, 1991). Les sols contiennent environ les deux tiers du carbone terrestre et jusqu'à deux ou trois fois plus de carbone que le CO₂ atmosphérique (Trumbore et collab., 1996).

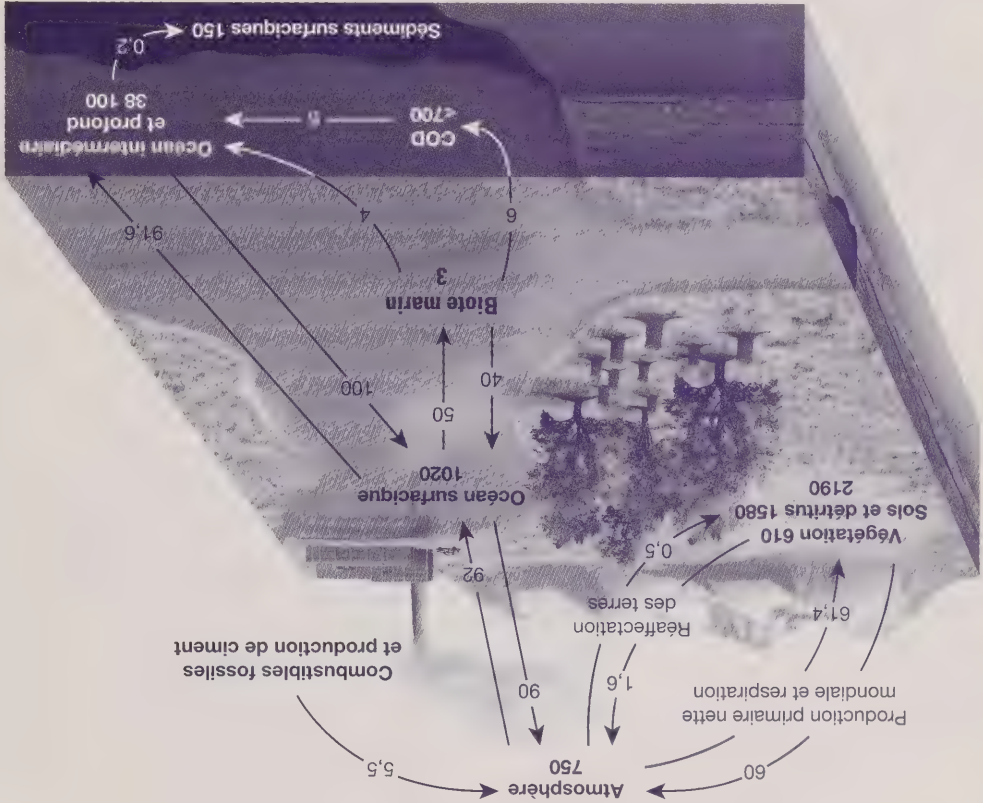
Les forêts boréales du Canada et de la Russie possèdent environ 40 % des stocks de carbone terrestre de la planète (Kasischke et collab., 1995). Néanmoins, des recherches récentes effectuées dans les deux pays nous révèlent que les changements apportés aux régimes de perturbation (incendies, insectes, maladies) pourraient être à l'origine

Les forêts comme puits ou sources de carbone atmosphérique

Le Protocole de Kyoto a mis l'accent sur le rôle potentiel des forêts dans l'augmentation ou l'atténuation des changements climatiques. Les écosystèmes forestiers et leur biomasse épigée et souterraine sont de vastes entrepôts de carbone. Les forêts en croissance absorbent le dioxyde de carbone de l'atmosphère, et on compte sur elles pour aider à atténuer l'effet des changements climatiques.

de CO₂ profiteront vraisemblablement moins à la croissance des arbres dans la forêt boréale, qui est caractérisée par des sols minces mal drainés, à faible teneur en éléments nutritifs. Ces facteurs limitatifs ne s'appliquent pas à la forêt des Maritimes, qui peut profiter considérablement des taux élevés de CO₂. Il faut également déterminer si la combinaison du réchauffement et de la fertilisation par le CO₂ favorisera davantage les essences commerciales que les mauvaises herbes, les insectes et les maladies (MacIver, 1998a).

Le cycle mondial du carbone



Le carbone se déplace entre l'atmosphère, les océans, la biosphère terrestre et, à l'échelle géologique, les sédiments et les roches sédimentaires. Le brûlage des combustibles fossiles, la fabrication du ciment et les changements qui surviennent dans le schéma d'utilisation des terres transfèrent du carbone dans l'atmosphère (sous forme de CO₂). Dans ce diagramme, la taille de chaque réservoir (chiffre en gras) est exprimée en milliards de tonnes de carbone. Le flux (chiffres accompagnés de flèches) est en milliards de tonnes de carbone par année. COD = Carbone organique dissous.

Adapté d'une illustration parue dans *Radiative forcing of climate* (IPCC, 1994, p. 12 et 13.)

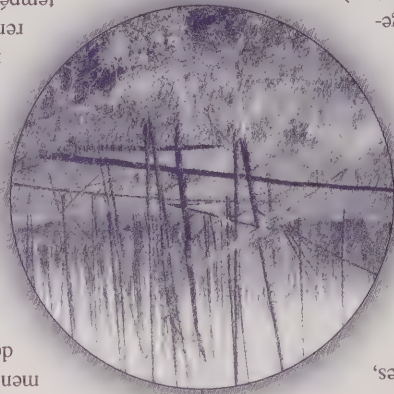
Effets des changements climatiques sur les forêts du Canada

On sait que les écosystèmes forestiers ont répondu aux changements et à la variabilité du climat au cours des 100 dernières années. On en veut pour preuve la migration d'essences sur de courtes distances, en région montagnueuse. À long terme, les conséquences des changements climatiques pour les forêts pourraient être considérables, comme l'explique le Deuxième rapport d'évaluation du GIECC (et Rapport spécial sur l'impact et l'adaptation) (IPCC, 1995b). Les changements les plus marqués se produiront en hautes latitudes et les moins prononcés, sous les tropiques. L'impact des changements climatiques et l'ampleur de l'adaptation de l'écosystème sont difficiles à prévoir vu l'imprécision des données actuelles sur les processus et rétroactions biologiques en présence dans les forêts (MacIver, 1998a).

À cause des changements climatiques, les forêts canadiennes pourraient subir une plus grande fréquence d'orages et de vents violents causant des dégâts importants, surtout en zone côtière; des pressions accrues dues aux sécheresses; une augmentation de la fréquence et de la gravité des incendies et des infestations d'insectes; une accélération de la croissance de la végétation dans certaines régions (Flemming et Candau, 1998). De même, on s'attend à ce que ces changements soient moins prévisibles qu'avant et à ce qu'ils varient davantage à l'échelle régionale.

La fréquence et la gravité des incendies devraient augmenter de façon significative sur presque toute la zone canadienne de forêt boréale située à l'ouest du lac Supérieur même si, selon certaines études, les menaces d'incendie seront moins intenses dans l'est du pays. Ces changements du régime de perturbation auront vraisemblablement des conséquences plus dramatiques pour les forêts que la modification du climat lui-même (Weber et Flannigan, 1997; Stocks et collab., 1998). Là où le nombre d'incendies augmentera, c'est-à-dire dans le corridor allant du nord-ouest de l'Ontario au sud des Territoires du Nord-Ouest, le phénomène précipitera l'évolution des types de végétation.

Selon les prévisions, les changements climatiques auront un impact profond sur la diversité biologique,



et les nouvelles conditions de croissance favoriseront certaines espèces au détriment d'autres. Il y aura donc modification de la composition des communautés forestières et de la répartition géographique des diverses essences. Vu le climat plus chaud et plus sec prévu pour certaines régions, les espèces et écosystèmes se doteront vraisemblablement de nouvelles frontières. Certaines espèces disparaîtront probablement des parties méridionales plus sèches de l'actuelle forêt boréale pour devenir plus abondantes dans les latitudes et altitudes plus hautes. Il ne faut pas imaginer une simple migration de la forêt boréale vers le nord et les collines. Cela signifie plutôt que les écosystèmes forestiers actuels, dans certaines parties du pays, subiront des stress, et que leur composition et leur structure changeront.

On ignore à quoi ressemblera la forêt après 50 ans ou plus de changements climatiques, mais il devrait en résulter des combinaisons d'espèces entièrement nouvelles. Néanmoins, on s'attend à des saisons de croissance prolongées, à dans le nord et en hautes altitudes, à des équilibres concurrentiels modifiés entre essences, à une plus grande vulnérabilité aux insectes et aux maladies de certains types d'arbres, à une plus grande fréquence et intensité des feux de forêt. Par conséquent, la forêt boréale, dans les parties sèches du sud de son aire de répartition, sera vraisemblablement remplacée par des prairies et des forêts tempérées à feuilles caduques. On s'attend à la détérioration d'une grande part des forêts de ces régions. Les conditions pourraient être favorables aux forêts montagnardes de l'ouest et aux forêts tempérées à feuilles caduques de l'est de la forêt boréale. Les forêts du nord-ouest du Pacifique garderont vraisemblablement leur structure et composition actuelles, la richesse de leur diversité biologique venant contrebalancer les migrations d'espèces individuelles (Environnement Canada, 1997b, p. 36-38).

En plus de contribuer au réchauffement de la planète, les quantités élevées de CO₂ devraient aussi accélérer la croissance de la végétation. Ces concentrations sont déjà passées de 280 parties par million (ppm) à 370 ppm au cours des 150 dernières années. À certains endroits, les forêts peuvent bénéficier de cet effet, même si l'humidité du sol constitue un facteur limitant. Les quantités élevées

Incertitudes et conséquences irréversibles à haut risque

Même si de nombreuses incertitudes limitent encore la capacité des climatologues à prévoir et à détecter les changements climatiques de demain, la tendance au réchauffement et ses conséquences inhérentes devrait persister. Le GIEC prévoit une augmentation de la température moyenne en surface de 1 à 3,5 °C d'ici 2100 et une hausse correspondante du niveau de la mer de 15 à 95 cm.

Les décideurs, malgré des incertitudes scientifiques importantes, doivent s'attaquer aux risques internationaux et régionaux des changements climatiques. Pour mieux délimiter ces risques et pour contribuer à l'instauration de politiques publiques conséquentes, les scientifiques devront approfondir leurs connaissances des changements climatiques, et mesurer l'ampleur, le rythme et la répartition régionale de ces changements. Ils devront également en déterminer l'impact pour les Canadiens, leur environnement, leur économie et leur culture. Ils devront ensuite imaginer et mettre en pratique des stratégies d'intervention adéquates, y compris celles qui viseraient à atténuer les dommages prévus ou à s'y adapter.

Cependant, il ne faut surtout pas croire qu'il faille, avant d'agir, attendre d'avoir des données scientifiques plus précises. En effet, la CCC préconise que :

«...Il incombe aux Parties de prendre des mesures de précaution pour prévenir, prévenir ou atténuer les causes des changements climatiques ou en limiter les effets néfastes. Quand il y a risque de perturbations graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de telles mesures, étant entendu que les politiques et mesures qu'adoptent les changements climatiques requièrent un bon rapport coût-efficacité, de manière à garantir des avantages globaux au coût le plus bas possible. Pour atteindre ce but, il convient que ces politiques et mesures tiennent compte de la diversité des contextes socio-économiques, soient globales, s'étendent à toutes les sources et à tous les puits et réservoirs de gaz à effet de serre, comprennent des mesures d'adaptation et s'appliquent à tous les secteurs économiques. Les initiatives visant à faire face aux changements climatiques pourront faire l'objet d'une action concertée des Parties intéressées » (ONU, 1992, article 3).

Le Programme d'action national concernant les changements climatiques du Canada est régi par le principe de la prudence :

« ... lorsqu'il y a risque de dommages graves ou irréversibles à nos santé ou à nos moyens d'existence, l'absence de certitude scientifique ne doit pas servir de prétexte pour différer la prise de mesures d'atténuation présentant un bon rapport coût-efficacité ou se fondant sur d'autres raisons. » (CCME/CCME, 1995, p. 9)

Pourquoi a-t-on besoin d'information sur les changements climatiques dans les forêts?

Le SCF s'occupe de l'aspect des changements climatiques qui touche aux forêts en fournissant aux organismes forestiers provinciaux et territoriaux, aux aménagistes du secteur privé, aux autres ministères et organismes fédéraux, aux organisations forestières autochtones, aux associations non gouvernementales et au grand public :

- des documents de synthèse sur l'inventaire des ressources forestières, ainsi que des renseignements socio-économiques et scientifiques, pour déterminer, décrire et évaluer l'impact des changements climatiques sur les forêts, les écosystèmes forestiers et le secteur forestier en général;
- des prévisions sur la réaction des forêts, des écosystèmes forestiers et de leurs composantes aux changements climatiques prévus, et sur l'impact socio-économique de ces réactions;
- des options et des conseils sur les possibilités d'adaptation aux effets prévus des changements climatiques, ou sur les moyens d'atténuer ces effets;
- du soutien scientifique à la participation du Canada aux ententes et programmes concernant les changements climatiques.

Les changements climatiques menacent lourdement les forêts et le secteur forestier au Canada. Pour réussir à concevoir, à évaluer et à adopter des options permettant d'y faire face et de s'acquiescer des notifications obligatoires en vertu du Protocole de Kyoto et d'autres ententes issues de la CCC de l'ONU, il faut relancer vigoureusement la surveillance et la recherche forestières. Les systèmes de données sur les forêts du Canada ne sont pas conçus pour générer le type d'information que le pays doit détenir pour communiquer aux autres pays comme l'exige le Protocole l'état de la situation canadienne.

du Nord-Ouest à moins de 1 °C dans le sud du pays; un refroidissement de 0,8 °C a été enregistré à l'extrémité orientale des Territoires du Nord-Ouest (Environnement Canada, 1997b). La région de l'Atlantique a également connu un léger refroidissement au cours des 50 dernières années (Environnement Canada, 1997c).

Variabilité du climat

Les grands changements du système climatique mondial ne se produisent pas sans de graves perturbations des composantes de ce système. Or la transformation de ces composantes entraînera une instabilité prolongée, laquelle, selon les prévisions, devrait aggraver la variabilité du climat. Le changement des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère modifie le bilan radiatif de la Terre et, partant, son bilan énergétique. Le changement du bilan énergétique précipite l'augmentation de la variabilité et de la rigueur des événements météorologiques (Campbell et collab., 1998). Ce sont ces événements inhabituels et non les changements légers des températures moyennes qui présenteront les plus grands défis.

Il reste à déterminer si les conditions météorologiques exceptionnelles augmentent en gravité et en fréquence. À l'échelle régionale, ces conditions semblent plus fréquentes que par le passé, tendance qui se manifeste par le nombre d'ouragans dévastateurs ayant pris naissance au-dessus de l'Atlantique depuis 1994. Dans certaines régions, y compris les États américains contigus, les gelées précoces sont moins nombreuses en automne, alors que les gelées printanières le sont davantage, et une part accrue des précipitations provient d'orages violents. La tempête de verglas catastrophique qui s'est abattue sur l'est ontarien et le Québec, en 1998, a infligé des coûts énormes sur le plan financier et humain.

On assiste peut-être aussi à une diminution de la variabilité du climat. Par exemple, la récente phase chaude de l'El Niño-oscillation australe, qui a causé des sécheresses et des inondations dans de nombreuses régions, est considérée comme anormalement persistante. Même s'ils sont basés sur des prévisions régionales moins fiables, des changements potentiellement sérieux ont été décelés, par exemple une incidence à la hausse des inondations, des vagues de chaleur extrême et des sécheresses. Les conséquences pourraient être nombreuses, notamment l'accroissement des incendies et des infestations de ravageurs, mais aussi la modification des écosystèmes sur plusieurs plans : composition, structure, fonctionnement et productivité.

« Le climat est évidemment une référence au temps qu'il fait normalement, c'est-à-dire en moyenne, car les phénomènes météorologiques sont très variables et comportent des extrêmes. Selon les observations, de faibles changements climatiques peuvent se solder par des changements importants des conditions météorologiques extrêmes.

McBean et Henggeveld (1998)

Temps : « état de l'atmosphère à un moment donné considéré surtout dans son influence sur la vie et l'activité humaines »

Le Nouveau Petit Robert (1994)

non de façon uniforme à l'échelle de la planète ni même du Canada. Selon les régions, les températures moyennes pourront augmenter ou diminuer. En hautes latitudes, la température se réchauffera beaucoup plus que la moyenne planétaire. Au Canada, les températures annuelles moyennes pourront monter de 5 à 10 °C au cours du prochain siècle, ce qui correspond à trois fois la moyenne pour le globe. Au Canada, les changements climatiques affecteront chaque région différemment à cause de la taille du pays, de la diversité de son relief et des océans qui le bornent (Environnement Canada, 1997a).

Changements climatiques, preuves actuelles

Réchauffement de la planète

La surface de la terre se serait réchauffée d'environ 0,5 °C au cours des 150 dernières années. Les années 80 et 90 ont d'ailleurs été parmi les plus chaudes de notre histoire. La réduction de l'écart entre les minimums et maximums quotidiens constitue une preuve supplémentaire de l'évolution du climat. Des variations régionales sont en outre observées. Le réchauffement le plus marqué s'est produit dans les latitudes moyennes, en hiver et au printemps; seules quelques zones se refroidissent, par exemple dans l'Atlantique Nord.

Au Canada, le réchauffement correspondant est d'environ 1 °C pour l'ensemble du pays. Les variations régionales s'échelonnent de 1,5 °C dans l'ouest des Territoires

Introduction

Dans l'espace d'à peine 10 ans, le lien entre l'augmentation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre et les changements climatiques planétaires est passé d'une préoccupation de la communauté scientifique à une question de politique internationale. Les changements climatiques demeureront l'un des principaux défis de l'humanité au cours du second millénaire.

Les changements climatiques devraient avoir d'importantes conséquences, favorables et défavorables, pour la société, l'économie et l'environnement. Selon les scientifiques, ces changements se produiront à un rythme rapide par rapport à celui de la croissance, de la reproduction et de la restauration des forêts. Ils auront une incidence profonde sur les forêts du Canada.

Le protocole de Kyoto (1997) à la Convention-

cadre de 1992 des Nations Unies sur les chan-

gements climatiques a mis en lumière le rôle

des forêts en matière de changements

climatiques et augmenté l'urgence

de l'acquisition des connaissances

scientifiques à ce sujet. Le Service

canadien des forêts (SCF) de Res-

sources naturelles Canada ouvre

activement, depuis le milieu des

années 70, aux recherches axées

spécifiquement sur les changements

climatiques et les forêts. Cette recher-

che est d'ailleurs basée sur de nombreux

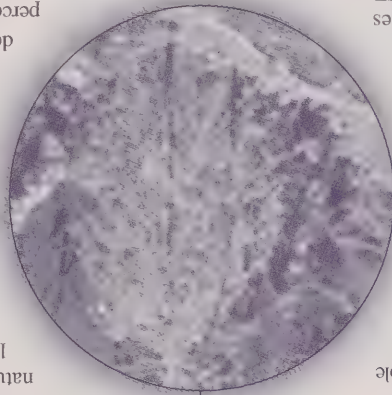
des décennies d'études préalables sur les

forêts. Avant le protocole de Kyoto, le SCF ten-

ait surtout de prévoir l'impact des changements cli-

matiques sur les forêts boréales circumpolaires et les forêts tempérées. Le SCF a réalisé lui-même ses recherches ou participé à celles d'équipes internationales et pluridisciplinaires. C'est en reconnaissant très tôt l'impact des changements climatiques et en y consacrant leurs efforts de recherche que les scientifiques du SCF se sont taillé une excellente réputation internationale dans le domaine.

Ce document est le deuxième d'une série de documents contextuels destinés à faire connaître les orientations actuelles et futures du Programme scientifique du Service canadien des forêts. On y définit les changements climatiques du point de vue forestier et on y précise pourquoi le SCF, de concert avec ses nombreux partenaires, aborde la question des changements climatiques en réalisant des



Que sont les changements climatiques?

activités de recherche, de surveillance et d'évaluation par l'entremise de ses réseaux de sciences et de technologie.

D'après la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCC), on entend par changements climatiques des « changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables » (ONU, 1992). Pour le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), qui est chargé de conseiller les gouvernements du monde sur cette question, ces changements se définissent plutôt comme étant toute modification du climat qui est due à sa variabilité naturelle ou à l'activité humaine (IPCC, 1995a, note 1). Les changements climatiques forment l'une des trois principales composantes interdépendantes des changements environnementaux planétaires^{1,2}, les autres étant les changements atmosphériques³ et les changements de la couverture terrestre.

En 1995, le GIEC a conclu que la prépondérance de la preuve permet de conclure à une « influence humaine perceptible sur le climat mondial » (IPCC, 1995a, section 4). L'activité humaine, surtout l'utilisation des combustibles fossiles et, dans une moindre mesure, la modification du schéma d'utilisation des terres, augmentent les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, surtout le dioxyde de carbone, l'oxyde nitreux et le méthane (CCME/CCME, 1995, p. 3), ce qui a tendance à réchauffer l'atmosphère. Dans certains régions, ce sont les aérosols qui augmentent et ils ont pour effet de rafraîchir l'air. Les scientifiques prévoient que l'augmentation des gaz à effet de serre et des aérosols entraînera des changements régionaux et mondiaux du climat et de ses paramètres connexes tels que la température, les précipitations, l'humidité du sol et le niveau de la mer (IPCC, 1995b, section 2).

La température moyenne du globe est censée augmenter de 1 à 3,5 °C d'ici la fin du siècle prochain, mais



Introduction	4
Que sont les changements climatiques?	4
Changements climatiques, preuves actuelles	5
<i>Réchauffement de la planète</i>	5
<i>Variabilité du climat</i>	5
Incertitudes et conséquences irréversibles à haut risque	6
Pourquoi a-t-on besoin d'information sur les changements climatiques dans les forêts?	6
Effets des changements climatiques sur les forêts du Canada	7
Les forêts comme puits ou sources de carbone atmosphérique	8
Protocole de Kyoto à la CCC	9
<i>Aperçu</i>	9
<i>Stratégie nationale de mise en œuvre</i>	10
<i>Les forêts dans le Protocole de Kyoto</i>	10
Adaptation aux changements climatiques et aux forêts de demain	11
Enjeux nouveaux	12
Notes	12
Bibliographie	13

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 1999
N° de catalogue Fo42-289/1999
ISBN 0-662-64102-7

Exemplaires de cette publication disponibles gratuitement auprès de :

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Ottawa (Ontario) K1A 0E4

Tél. : (613) 947-7341

Copies ou microfiches de cette publication en vente chez :

Micromedia Ltée

240, rue Catherine, pièce 305

Ottawa (Ontario) K2P 2G8

Tél. : (613) 237-4250

1-800-567-1914

Production : Catherine Carmody

Révision : Denis Rochon

Conception et mise en page : Danielle Monette, Sandra Bernier

Traduction : Bureau de la traduction, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada

Données de catalogage avant publication (Canada)

Service canadien des forêts. Direction des sciences

Les changements climatiques et la forêt : contexte du Programme
scientifique du Service canadien des forêts

(Document contextuel du programme scientifique)

Texte en anglais et en français disposé tête-bêche.

Titre de la p. de r. addit.: Climate change and forests.

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 0-662-64102-7

No de cat. Fo42-289/1999

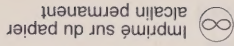
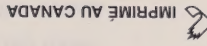
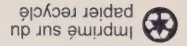
1. Climat — Changements — Politique gouvernementale — Canada.
2. Réchauffement de la terre — Politique gouvernementale — Canada.
3. Politique forestière — Canada.
1. Titre.

SD390.7.C55C32 1999 634.9'619 C99-980107-4F

Photographies

Couverture, pages 1 et 4 : Tempête de verglas, parc de la Gatineau (Québec), janvier 1998;
photo de Ken Farr.

Pages 3 et 7 : Dommages causés par les feux de forêt au Yukon, août 1998;
photo de Catherine Carmody.



Les changements climatiques et la forêt

*Contexte du Programme scientifique
du Service canadien des forêts*



**Document contextuel du Programme scientifique
Publié par**

Direction des sciences
Service canadien des forêts
Ressources naturelles Canada
Ottawa, 1999

Les changements climatiques et la forêt

*Contexte du Programme scientifique
du Service canadien des forêts*

